

DERWENT-ACC-NO: 1999-016059  
DERWENT-WEEK: 200175  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: SAW apparatus for portable telephone - has substrate made of single LTG crystal whose cut off angle and wave propagation direction are expressed in phi, theta and psi which lies in predetermined range

INVENTOR: INOUE, K; SATO, K

PATENT-ASSIGNEE: TDK CORP[DENK]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0088420 (April 7, 1997) ,  
1999US-0420938 (October 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
US 6323577 B1	November 27, 2001	N/A	000
H01L 041/04			
JP 10284982 A	October 23, 1998	N/A	005
H03H 009/25			
JP 3201972 B2	August 27, 2001	N/A	006
H03H 009/25			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
US 6323577B1	N/A	1999US-0420938	October 19, 1999
JP 10284982A	N/A	1997JP-0088420	April 7, 1997
JP 3201972B2	N/A	1997JP-0088420	April 7,

1997

JP 3201972B2

Previous Publ.

JP 10284982

N/A

INT-CL\_(IPC): H01L041/04; H03H009/25

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10284982A

BASIC-ABSTRACT: The apparatus has a substrate on which a cross finger shaped electrode is provided. The substrate consists of single LTG crystal with specific chemical formula.

The cut off angle of LTG crystal and surface acoustic wave propagation direction of substrate are expressed in phi, theta and psi. The angles exist in predetermined area (I).

ADVANTAGE - Reduces SAW velocity. Increases bandwidth of pass band. Obtains favourable intermediate frequency characteristics.

ABSTRACTED-PUB-NO: US 6323577B

EQUIVALENT-ABSTRACTS: The apparatus has a substrate on which a cross finger shaped electrode is provided. The substrate consists of single LTG crystal with specific chemical formula.

The cut off angle of LTG crystal and surface acoustic wave propagation direction of substrate are expressed in phi, theta and psi. The angles exist in predetermined area (I).

ADVANTAGE - Reduces SAW velocity. Increases bandwidth of pass band. Obtains favourable intermediate frequency characteristics.

---

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS:

SAW APPARATUS PORTABLE TELEPHONE SUBSTRATE MADE  
SINGLE CRYSTAL CUT ANGLE WAVE  
PROPAGATE DIRECTION EXPRESS PHI THETA PSI LIE  
PREDETERMINED RANGE

DERWENT-CLASS: U14 V06 W01

EPI-CODES: U14-G; V06-K05; W01-C01D;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-012822

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-284982

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 3 H 9/25

識別記号

F I

H 0 3 H 9/25

C

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-88420

(22)出願日 平成9年(1997)4月7日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 井上 憲司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケイ株式会社内

(72)発明者 佐藤 勝男

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

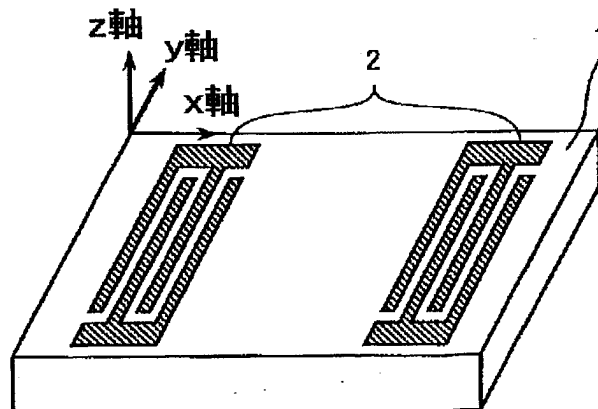
ディーケイ株式会社内

(54)【発明の名称】 弾性表面波装置

(57)【要約】

【課題】 小型で、通過帯域の広い弾性表面波装置を提供する。

【解決手段】 基板表面に交差指状電極を有し、前記基板が化学式 $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.5}\text{O}_{14}$ (LTG)で表わされる単結晶であり、前記基板のLTG結晶からの切り出し角および前記基板の弾性表面波伝搬方向との組合わせを最適化することにより、SAW速度が遅く、電気機械結合係数が高い基板を有する弾性表面波装置を実現する。これにより、弾性表面波装置の小型化、フィルタとしての通過帯域幅の広帯域化が可能となり、特に、移動体通信端末機の間周波の弾性表面波フィルタとして良好な特性が得られる。また、弾性表面波エネルギーが伝搬方向に集中するため、損失の非常に低い弾性表面波装置が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板表面に交差指状電極を有し、前記基板が化学式 $\text{La}_3\text{TaO}_{5.5}\text{Ga}_5.5\text{O}_{14}$  (LTG) で表わされる単結晶であり、前記基板のLTG結晶からの切り出し角および前記基板の弾性表面波伝搬方向をオイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたとき、 $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ が下記領域Iに存在する弾性表面波装置。

領域I

$\phi = -5 \sim 5^\circ$

$\theta = 130 \sim 180^\circ$

$\psi = 20 \sim 40^\circ$

【請求項2】 基板表面に交差指状電極を有し、前記基板が化学式 $\text{La}_3\text{TaO}_{5.5}\text{Ga}_5.5\text{O}_{14}$  (LTG) で表わされる単結晶であり、前記基板のLTG結晶からの切り出し角および前記基板の弾性表面波伝搬方向をオイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたとき、 $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ が下記領域IIに存在する弾性表面波装置。

領域II

$\phi = 25 \sim 35^\circ$

$\theta = 0 \sim 85^\circ$

$\psi = -10 \sim 20^\circ$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単結晶基板上に交差指状電極を有する弾性表面波装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話機を始めとした移動体通信端末機が急速に普及してきている。この端末機は、持ち運びの利便さから、特に小型軽量であることが望まれている。端末機の小型軽量化を達成するには、そこに使われる電子部品も小型軽量であることが必須であり、このため、端末機の高周波部や中間周波部には、小型軽量化に有利な弾性表面波装置、すなわち、弾性表面波フィルタが多用されている。弾性表面波装置は、圧電基板表面に、弾性表面波を励振、受信、反射、伝搬するための交差指状電極を形成したものである。

【0003】弾性表面波装置に使われる圧電基板に重要な特性として、弾性表面波の表面波速度 (SAW速度)、電気機械結合係数 ( $k_2$ ) があげられる。従来から知られている代表的な弾性表面波装置用基板の特性を図3に示す。これらの特性は、清水康敬著「弾性表面波材料の伝搬特性と利用の現状」電子情報通信学会論文誌A、Vol. J76-A、No. 2、pp. 129-137 (1993年) に詳しく示されている。以後、各種弾性表面波装置用圧電基板を、図3中の記号で区別することとする。

【0004】この図3からわかるように、64LN、36LTは4000m/s以上のSAW速度を有しており、移動体通信用端末機の高周波部のフィルタを構成するのに適している。この理由を説明すると、以下の通りであ

る。携帯電話に代表される移動体通信は、世界各国で各種のシステムが実用化されているが、いずれのシステムでも1GHz前後の周波数が使用されている。したがって、端末機高周波部で使用されるフィルタは、中心周波数が1GHz前後となる。弾性表面波フィルタの場合、その中心周波数は、使用する圧電基板のSAW速度にほぼ比例し、基板上に形成する電極指の幅にほぼ反比例する。そこで、高周波化のためには、SAW速度の大きな基板、例えば64LN、36LTが好ましい。

10 【0005】また、この高周波部のフィルタには、通過帯域幅が20MHz以上である広帯域のものが要求されるが、広帯域化を実現するためには圧電基板の電気機械結合係数 $k_2$ が大きいことが必須であり、このためにも、64LN、36LTが多用されている。

【0006】一方、移動体通信用端末機の間周波数としては、70~300MHzの周波数帯が使用されている。この周波数帯を中心周波数とするフィルタを弾性表面波を用いて構成する場合、圧電基板として前記64LN、36LTを使用すると、基板上に形成する電極指の幅を、前記高周波部で使用されるフィルタに比べて非常に大きくする必要がある。

20 【0007】具体的な数値を概算して上記のことを説明する。弾性表面波フィルタを構成する弾性表面波変換器の電極指幅 $d$ と、弾性表面波フィルタの中心周波数 $f_0$ と、使用する圧電基板のSAW速度 $V$ との間には、おおむね、

$$f_0 = V / (4d) \quad \dots (1)$$

が成立する。SAW速度を4000m/sとして、中心周波数1GHzの高周波部のフィルタを構成する場合、その電極指幅は上記(1)式より

$$d = 4000 \text{ (m/s)} / (4 \times 1000 \text{ (MHz)}) = 1 \mu\text{m}$$

となる。一方、このSAW速度4000m/sの圧電基板を用いて、中心周波数100MHzの中間周波フィルタを構成する場合、これに必要な電極指幅は、

$$d = 4000 \text{ (m/s)} / (4 \times 100 \text{ (MHz)}) = 10 \mu\text{m}$$

となり、高周波部のフィルタに比べて、必要な電極指幅が10倍も大きくなってしまふ。電極指幅が大きくなるということは、弾性表面波装置そのものも大きくなってしまふことを意味する。そこで、弾性表面波中間周波フィルタを小型なものとするには、上記(1)式から明らかのようにSAW速度 $V$ の小さな圧電基板を使う必要がある。

【0008】SAW速度が比較的小さい圧電基板として、上記図3に示すST水晶が知られている。圧電基板の実効的なSAW速度は、基板上に形成する電極指構造の影響を受けるので、単純な言明はできないが、ST水晶の場合、そのSAW速度は3130~3155m/sであることが知られている。この値は64LN、36LT

のものの約3/4であり、小型化のために有利である。

【0009】前記の理由により、従来、移動体通信用端末機の間周波用弾性表面波フィルタは、殆どST水晶圧電基板により構成されていた。前記図3から明らかなように、ST水晶基板の電気機械結合係数 $k_2$ は0.17%であり、各種圧電基板の中でも特に小さい。 $k_2$ が小さいということは、非常に通過帯域の狭いフィルタしか構成できないということを意味する。

【0010】これまでの移動体通信、すなわち携帯電話のシステムとしては、アナログ方式が主として採用されており、そのチャンネル幅は国内のNTT仕様では12.5kHz、米国のAMPS仕様では30kHz、欧州のTACS仕様では25kHzと非常に狭帯域であったので、前記ST水晶基板の電気機械結合係数 $k_2$ が小さいということは問題とならなかった。しかしながら、近年、周波数資源の有効利用、デジタルデータ通信との適合性等の点から、デジタル移動体通信システムが開発、実用化され急速に普及してきている。このデジタルシステムのチャンネル幅は、例えば、欧州の携帯電話GSM方式では200kHz、コードレス電話DECT方式では1.7MHzと、非常に広帯域となっている。このような広帯域の間周波フィルタを弾性表面波フィルタで構成する場合、ST水晶基板では、その実現が困難となっている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来、弾性表面波装置において、電気機械結合係数が高い圧電基板を用いた場合、通過帯域を広くできるが、基板のSAW速度が高いために素子寸法が大きくなるという問題があり、一方、素子の小型化をはかるためにSAW速度の比較的小さな基板を用いた場合は、電気機械結合係数が小さすぎるために通過帯域を広くできないという問題があり、いずれにしても中間周波用の弾性表面波フィルタとして十分な特性が得られなかった。本発明の目的は、小型で、通過帯域の広い弾性表面波装置を提供することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的は、下記

(1)、(2)のいずれかの構成により達成される。

【0013】(1) 基板表面に交差指状電極を有し、前記基板が化学式 $\text{La}_3\text{Ta}_0.5\text{Ga}_5.5\text{O}_{14}$ (LTG)で表わされる単結晶であり、前記基板のLTG結晶からの切り出し角および前記基板の弾性表面波伝搬方向をオイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたとき、 $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ が下記領域Iに存在する弾性表面波装置。

領域I

$\phi = -5 \sim 5^\circ$

$\theta = 130 \sim 180^\circ$

$\psi = 20 \sim 40^\circ$

(2) 基板表面に交差指状電極を有し、前記基板が化

学式 $\text{La}_3\text{Ta}_0.5\text{Ga}_5.5\text{O}_{14}$ (LTG)で表わされる単結晶であり、前記基板のLTG結晶からの切り出し角および前記基板の弾性表面波伝搬方向をオイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたとき、 $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ が下記領域IIに存在する弾性表面波装置。

領域II

$\phi = 25 \sim 35^\circ$

$\theta = 0 \sim 85^\circ$

$\psi = -10 \sim 20^\circ$

#### 【0014】

【発明の実施の形態】本発明の具体例構成を、図面を用いて詳細に説明する。

【0015】本発明の弾性表面波装置の構成例を図1に示す。この弾性表面波装置は、基板1の表面に一組の交差指状電極2、2を有する。基板1には、LTG単結晶を用いる。LTG単結晶は点群32に属する結晶型である。

【0016】図中のx軸、y軸およびz軸は互いに直交している。x軸およびy軸は基板1の面内方向にあり、x軸は弾性表面波の伝搬方向を規定する。また、基板面に垂直なz軸は、単結晶基板の切り出し角(カット面)を規定する。これらx軸、y軸およびz軸と、ランガサイト単結晶のX軸、Y軸およびZ軸との関係は、オイラー角表示 $(\phi, \theta, \psi)$ で表わすことができる。本発明の弾性表面波装置における切り出し角および伝搬方向を $(\phi, \theta, \psi)$ で表わした時、 $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ は上記領域I及びIIに存在する。

【0017】なお、LTG単結晶は三方晶であるため、結晶の対称性から、互いに等価なオイラー角の組み合わせが存在する。三方晶基板では、 $\phi = 120 \sim 240^\circ$ および $\phi = 240 \sim 360^\circ$ ( $-120^\circ \sim 0^\circ$ )は $\phi = 0 \sim 120^\circ$ と等価であり、また、 $\theta = 360 \sim 180^\circ$ ( $0 \sim -180^\circ$ )は $\theta = 0 \sim 180^\circ$ と等価であり、また、 $\psi = 270 \sim 90^\circ$ は $\psi = -90 \sim 90^\circ$ と等価である。例えば、 $\phi = 130^\circ$ および $\phi = 250^\circ$ は $\phi = 10^\circ$ と等価であり、 $\theta = 330^\circ$ は $\theta = 30^\circ$ と等価であり、 $\psi = 240^\circ$ は $\psi = 60^\circ$ と等価である。

【0018】また、三方晶基板では、

$\phi = 0 \sim 30^\circ$

の範囲を調べることで、すべてのカット角および伝搬方向についての特性を知る事ができる。

【0019】したがって、LTG単結晶基板におけるすべてのカット角および伝搬方向についての特性を知るためには、

$\phi = 0 \sim 30^\circ$ 、

$\theta = 0 \sim 180^\circ$ 、

$\psi = -90 \sim 90^\circ$

の範囲についてだけ調べればよい、この $(\phi, \theta, \psi)$ の組み合わせから $\phi = 30 \sim 120^\circ$ において同特

性を示す等価な $(\phi, \theta, \psi)$ の組み合わせが分かる。具体的には、 $30^\circ \leq \phi \leq 60^\circ$ の範囲では、

$$\begin{aligned}\phi &= 60^\circ - \phi_0, \\ \theta &= 180^\circ - \theta_0, \\ \psi &= \psi_0\end{aligned}$$

によって、また、

$60^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ の範囲では、

$$\begin{aligned}\phi &= 60^\circ + \phi_0, \\ \theta &= 180^\circ - \theta_0, \\ \psi &= -\psi_0\end{aligned}$$

によって、また、

$90^\circ \leq \phi \leq 120^\circ$ の範囲では

$$\begin{aligned}\phi &= 120^\circ - \phi_0, \\ \theta &= \theta_0, \\ \psi &= -\psi_0\end{aligned}$$

によって、 $(\phi_0, \theta_0, \psi_0)$ と等価な $(\phi, \theta, \psi)$ を求めることができる。そして、上記した対称性に基づいて、すべての $(\phi, \theta, \psi)$ における特性を知ることができる。

【0020】等価な組み合わせの具体例としては、例えば、以下のものが挙げられる。

$$(0^\circ, 140^\circ, 25^\circ)$$

と等価なものは、

$$\begin{aligned}(\phi, \theta, \psi) &= (60^\circ, 40^\circ, 25^\circ), \\ &= (60^\circ, 40^\circ, -25^\circ), \\ &= (120^\circ, 140^\circ, -25^\circ),\end{aligned}$$

であり、 $\phi = 120^\circ$ と $\phi = 0^\circ$ とは等価であるから、

$$(0^\circ, 140^\circ, -25^\circ)$$

も等価である。

$$(30^\circ, 40^\circ, 10^\circ)$$

と等価なものは、

$$\begin{aligned}(\phi, \theta, \psi) &= (30^\circ, 140^\circ, 10^\circ), \\ &= (90^\circ, 140^\circ, -10^\circ), \\ &= (90^\circ, 40^\circ, -10^\circ),\end{aligned}$$

である。

【0021】本発明において限定する上記各領域は、このようにして求められる等価な $(\phi, \theta, \psi)$ の組み合わせを包含するものとする。

【0022】本発明で用いるLTG単結晶は、一般に化学式 $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.5}\text{O}_{14}$ で表されるものであり、従来より知られているランガサイト( $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ )の置換体結晶として知られている(第44回 応用物理学関係連合講演会講演予稿集 NO.1 p213 講演NO.28p-N-1)。本発明ではLTG単結晶を弾性表面波装置の基板に適用するに際し、結晶のカット方向と弾性表面波の伝搬方向とを選択することにより、上記した高特性の弾性表面波装置を実現する。LTG単結晶は、不可避の不純物、例えばAl、Zr、Fe、Ce、Nd、Pt、Ca等が含まれていてもよい。LTG単結晶の製造方法は特に限定されず、通常の単結晶育成法、例

えばCZ法などにより製造すればよい。

【0023】基板の寸法は特に限定されないが、一般に、表面波伝搬方向は4~10mm程度、これと直交する方向は2~4mm程度、厚さは0.2~0.4mm程度である。

【0024】基板1上に形成される交差指状電極2、2は、弾性表面波を励振、受信、反射、伝搬するための薄膜電極であり、周期的なストライプ状に形成される。交差指状電極は、弾性表面波伝搬方向が上記した所定の方向となるようにバタニングがなされる。交差指状電極は、AuやAlなどを用いて蒸着やスパッタなどにより形成すればよい。交差指状電極の電極指幅は、弾性表面波装置が適用される周波数に応じて適宜決定すればよく、本発明が適用される好ましい周波数帯域では、一般に2~10 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0025】本発明の弾性表面波装置は、一般に周波数10~500MHz、特に周波数10~300MHzの帯域におけるフィルタに好適である。また、本発明の弾性表面波装置はSAW速度が遅いことから、弾性表面波遅延素子の小型化にも有用である。

【0026】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明を説明する。

【0027】<実施例1：領域I>CZ法により結晶育成された、LTG単結晶を切り出してLTG基板を得た。この基板表面に一組の交差指状電極からなる弾性表面波変換器を形成し、弾性表面波装置とした。なお、交差指状電極は、入力側、出力側共にAlの蒸着により形成し、厚さは0.3 $\mu\text{m}$ 、電極指幅dは15 $\mu\text{m}$ 、電極ピッチ(4d)は60 $\mu\text{m}$ 、電極指対数は20とした。基板の切り出し角および弾性表面波の伝搬方向を変えて、複数の装置を作製した。

【0028】これらの装置における基板の切り出し角および弾性表面波の伝搬方向を、オイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたときの $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ を、図2に示す。これらの装置におけるSAW速度および電気機械結合係数 $k_2$ を測定した。SAW速度はフィルタの中心周波数から求め、電気機械結合係数 $k_2$ については、弾性表面波変換の2端子アドミッタンスを測定し、これから、よく知られたスミスの等価回路モデルによって求めた。これらの結果を図2に示す。

【0029】図2より明らかなように、領域Iの範囲には、SAW速度が2700m/s以下と小さく、また、電気機械結合係数が0.8%以上と従来のST水晶に比べて4.5倍以上と大きくなる $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ の組み合わせが存在するので、弾性表面波装置の小型化および広帯域化に有利である。

【0030】<実施例2：領域II>実施例1と同様にし、図2に示す弾性表面波装置を複数作製した。基板の切り出し角および弾性表面波の伝搬方向を、オイラー角表示で $(\phi, \theta, \psi)$ と表わしたときの $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$

を、図2に示す。これらについて、実施例1と同様な測定を行なった。結果を図2に示す。

【0031】図2より明らかなように、領域IIの範囲には、SAW速度が2700m/s以下と小さく、また、電気機械結合係数が1%以上と従来のST水晶に比べて5倍以上と大きくなる $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ の組み合わせが存在するので、弾性表面波装置の小型化および広帯域化に有利である。また、領域Iに比べて、SAW速度がさらに小さく、結合係数をより高くできるので、小型化、広帯域化に有利である。

【0032】以上の実施例の結果から、本発明の効果が明らかである。

【0033】

【発明の効果】本発明において $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ を領域I内とした場合、SAW速度が小さく、電気機械結合係数がおおきくなるので、弾性表面波装置の小型化、フィルタとしての通過帯域幅の広帯域化が可能となり、特に、移動体通信端末機の間周波の弾性表面波フィルタとし

て良好な特性が得られる。

【0034】本発明において $\phi$ 、 $\theta$ および $\psi$ を領域II内とした場合、SAW速度がより小さく、電気機械結合係数がより大きくなるので、弾性表面波装置の小型化、フィルタとしての通過帯域幅の広帯域化が可能となり、更に、移動体通信端末機の間周波の弾性表面波フィルタとして特に良好な特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の弾性表面波装置の構成例を示す斜視図である。

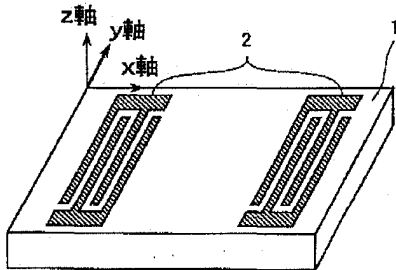
【図2】本発明の弾性表面波装置の特性を示す図表である。

【図3】従来の代表的な弾性表面波装置用基板の特性を示す図表である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 交差指状電極

【図1】



【図2】

領域	$\phi$ (°)	$\theta$ (°)	$\psi$ (°)	SAW速度 (m/s)	結合係数 (%)
$\phi$ I	0	140	25	2673	1.08
$\phi$ I	0	170	30	2650	1.36
$\phi$ I	0	180	20	2498	0.83
$\phi$ I	0	180	40	2496	0.81
$\phi$ II	30	80	16	2360	1.14
$\phi$ II	30	60	0	2435	1.04
$\phi$ II	30	40	10	2515	1.74
$\phi$ II	30	10	0	2601	1.38

【図3】

記号	128LN	64LN	LT112	36LT	ST水晶
組成	LiNbO <sub>3</sub>	LiNbO <sub>3</sub>	LiTaO <sub>3</sub>	LiTaO <sub>3</sub>	水晶
カット角	128度回転Y	64度回転Y	X	36度回転Y	ST
伝搬方向	X	X	112度回転Y	X	X
SAW速度 (m/s)	3880~3920	4330~4360	3220~3260	4100~4160	3130~3155
k <sup>2</sup> (%)	5.6	11	0.72	5.0	0.17